

for IDS

1/1 PLUSPAT - (C) QUESTEL-ORBIT image

PN - JP8181667 A 19960712 [JP08181667]

TI - (A) SIGNAL EXTRACT METHOD AND OPTICAL SEMICONDUCTOR
DEVICE FOR THE
METHOD

PA - (A) FUJITSU LTD

PA0 - (A) FUJITSU LTD

IN - (A) IMAMURA KENICHI; YOKOYAMA NAOKI

AP - JP32490594 19941227 [***1994JP-0324905***]

PR - JP32490594 19941227 [1994JP-0324905]

STG - (A) Doc. Laid open to publ. Inspec.

AB - PURPOSE: To obtain a small sized optical semiconductor device in response to a high speed optical signal by employing the semiconductor device whose output signal differs when only one of an electric signal or an optical signal is received and when both of the electric signal and the optical signal are received.

- CONSTITUTION: When a 1st input signal IN(sub 1) being a square wave optical signal h.upsilon.; is made incident onto a base B of an open base ME-HBT (multiemitter hetero junction bipolar transistor) and a 2nd input signal IN(sub 2) being a square wave electric signal is given to a 2nd emitter E(sub 2), the signal h.nu. is extracted as a voltage drop across a resistor R at an output OUT only when the input signal IN(sub 2) being a square wave electric signal is positive. The switching characteristic as above is obtained by ANDing the signal IN(sub 2) fed to the 2nd emitter E(sub 2) of the ME-HBT and the signal IN(sub 1) made incident on the base B. Furthermore, according to the result of measurement, even when the signal h.nu. is not made incident, some current flows by applying a clock pulse to the emitter E(sub 2).

- COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-181667

(43) 公開日 平成8年(1996)7月12日

| | | | | |
|--------------------------------------|------|---------------|-----|--------|
| (51) Int.Cl. ⁶ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| H 0 4 B 10/28 | | | | |
| 10/26 | | | | |
| 10/14 | | | | |
| | | H 0 4 B 9/ 00 | | Y |
| | | | | D |
| 審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 17 頁) 最終頁に続く | | | | |

(21) 出願番号 特願平6-324905

(22) 出願日 平成6年(1994)12月27日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72) 発明者 今村 健一

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72) 発明者 横山 直樹

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 柏谷 昭司 (外1名)

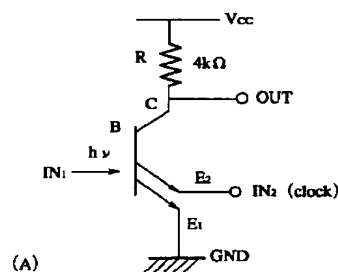
(54) 【発明の名称】 信号抽出方法およびそのための光半導体装置

(57) 【要約】

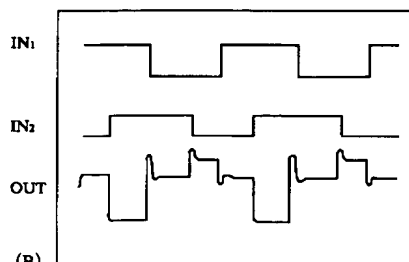
【目的】 信号抽出方法とそのための光半導体装置に関し、高速光信号に応答する小型化された光半導体装置と光信号または電気信号である多重化信号から各チャネルの信号を簡便に抽出する方法を提供する。

【構成】 コレクタCとオープンベースBと2つ以上のエミッタE₁、E₂を有し、電気信号と光信号に応答し、電気信号または光信号の一方を入力したときと、電気信号と光信号の双方を入力したときとで出力信号が大きく異なるバイポーラトランジスタを用い、コレクタCに負荷抵抗Rを通して電源電圧V_{cc}を印加し、1つのエミッタE₁を接地し、接地されないエミッタE₂に電気信号を入力し、ベースBまたはコレクタCに光信号h ν として入力される時分割多重信号から、接地されないエミッタE₂に電気信号として入力されるパルスに同期する信号をコレクタCから、その電圧の変化として抽出する。この場合、光信号と電気信号を逆にすることもできる。

第1実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置の動作特性説明図



(A)



(B)

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電気信号と光信号に応答し、電気信号または光信号の片方が入力された時の出力信号と、電気信号と光信号の両方が入力された時の出力信号が異なる光半導体装置を用い、光信号として入力される時分割多重信号から電気信号として入力されるパルスに同期する信号を抽出するか、電気信号として入力される時分割多重信号から光信号として入力されるパルスに同期する信号を抽出することを特徴とする信号抽出方法。

【請求項 2】 コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを有するバイポーラトランジスタを用い、コレクタに負荷抵抗を通して電源電圧を印加し、1つのエミッタを接地し、接地されないエミッタに電気信号を入力し、ベースまたはコレクタに光信号として入力される時分割多重信号から、接地されないエミッタに電気信号として入力されるパルスに同期する信号をコレクタから抽出するか、接地されないエミッタに電気信号として入力される時分割多重信号から、ベースまたはコレクタに光信号として入力されるパルスに同期する信号をコレクタから抽出することを特徴とする請求項 1 に記載された信号抽出方法。

【請求項 3】 光信号が入力されず電気信号が入力された時の出力信号と、電気信号が入力されず光信号が入力された時の出力信号が同程度で、かつ、光信号と電気信号が共に入力された時の出力信号を、光信号が入力されず電気信号が入力された時の出力信号、および電気信号が入力されず光信号が入力された時の出力信号より充分大きくなるように、光信号の強度と電気信号の電圧を設定することを特徴とする請求項 2 に記載された信号抽出方法。

【請求項 4】 コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを有するバイポーラトランジスタを用い、コレクタに負荷抵抗を通して電源電圧を印加し、1つのエミッタを接地し、接地されないエミッタに電気信号として周波数 $n f_0$ Hz (ただし n : 整数) の被サンプリング信号を入力し、ベースまたはコレクタに光信号として充分小さいパルス幅をもつ繰り返し周波数 $(f_0 - \Delta f)$ Hz (ただし $\Delta f \ll f_0$) のパルス信号を入力して、コレクタの出力信号を周波数 $n \Delta f$ Hz でサンプリングすることを特徴とするサンプリング方法。

【請求項 5】 コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを有するバイポーラトランジスタを用い、コレクタに負荷抵抗を通して電源電圧を印加し、1つのエミッタを接地し、ベースまたはコレクタに光信号として周波数 $n f_0$ Hz (ただし n : 整数) の被サンプリング信号を入力し、接地しないエミッタに電気信号として充分小さいパルス幅をもつ繰り返し周波数 $(f_0 - \Delta f)$ Hz (ただし $\Delta f \ll f_0$) のパルス信号を入力して、コレクタの出力信号を周波数 $n \Delta f$ Hz でサンプリングすることを特徴とするサンプリング方法。

【請求項 6】 電気信号と光信号に応答し、光信号が入力されず電気信号が入力された時の出力信号と、電気信号が入力されず光信号が入力された時の出力信号が同程度で、かつ、光信号と電気信号が共に入力された時の出力信号が、光信号が入力されず電気信号が入力された時の出力信号、および電気信号が入力されず光信号が入力された時の出力信号より充分大きいことを特徴とする光半導体装置。

【請求項 7】 コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを備えるバイポーラトランジスタであって、1つのエミッタを接地し、接地されないエミッタに電気信号を入力し、コレクタに負荷抵抗を通して電源電圧を印加し、ベースまたはコレクタに光信号として入力される時分割多重信号から、接地されないエミッタに電気信号として入力されるパルスに同期する信号をコレクタから抽出するか、接地されないエミッタに電気信号として入力される時分割多重信号から、ベースまたはコレクタに光信号として入力されるクロックパルスに同期する信号を抽出するようにしたことを特徴とする光半導体装置。

【請求項 8】 コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを備えるバイポーラトランジスタを2つ用い、2つのバイポーラトランジスタの各1つのエミッタを電流源を通して電源に接続し、1つのバイポーラトランジスタの他のエミッタに電気信号を入力するようにし、他のバイポーラトランジスタの電源に接続されているエミッタを、そのバイポーラトランジスタの電源に接続されていないエミッタと接続し、2つのバイポーラトランジスタのそれぞれのコレクタを抵抗を通して接地し、2つのバイポーラトランジスタのベースまたはコレクタに同じ光信号が照射され、2つのバイポーラトランジスタのコレクタと抵抗の間から出力信号を取り出すようにしたことを特徴とする光半導体装置。

【請求項 9】 コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを備えるバイポーラトランジスタを2つ用い、2つのバイポーラトランジスタの各1つのエミッタを電流源を通して電源に接続し、1つのバイポーラトランジスタの他のエミッタに電気信号を入力するようにし、他のバイポーラトランジスタの電源に接続されていないエミッタを浮遊状態にし、2つのバイポーラトランジスタのコレクタを抵抗を通して接地し、2つのバイポーラトランジスタのベースまたはコレクタに同じ光信号が照射され、2つのバイポーラトランジスタのコレクタと抵抗の間から出力信号を取り出すようにしたことを特徴とする光半導体装置。

【請求項 10】 コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを備えるバイポーラトランジスタと、コレクタと、オープンベースと、1つのエミッタを備えるバイポーラトランジスタを用い、2つのバイポーラトランジスタの各1つのエミッタを電流源を通して電源に接

続し、2つ以上のエミッタを有するバイポーラトランジスタの他のエミッタに電気信号を入力するようにし、2つのバイポーラトランジスタのコレクタを抵抗を通して接地し、2つのバイポーラトランジスタのベースに同じ光信号が照射され、2つのバイポーラトランジスタのコレクタと抵抗の間から出力信号を取り出すようにしたことを特徴とする光半導体装置。

【請求項11】 コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを備えるバイポーラトランジスタが複数個配設され、各バイポーラトランジスタの1つのエミッタが接地され、接地されないエミッタにパルス状の電気信号が入力され、コレクタに電源電圧が印加され、各バイポーラトランジスタのベースまたはコレクタに同一の光信号が入力され、接地されないエミッタに入力されるパルス状の電気信号に同期する光信号に対応する電気信号が各バイポーラトランジスタのコレクタに分配されることを特徴とする光半導体装置。

【請求項12】 コレクタとオープンベースを共通にし、このオープンベースの上に複数のエミッタが点状に配設され、これら複数の隣接する2つ以上をエミッタとするバイポーラトランジスタが複数個形成され、各バイポーラトランジスタの1つのエミッタが接地され、接地されないエミッタに電気信号が入力され、コレクタに電源電圧が印加され、ベースまたはコレクタに同一の光信号が入力され、各エミッタに同一の光信号が入力され、接地されないエミッタに入力される電気信号に同期する光信号に対応する電気信号が各バイポーラトランジスタに共通するコレクタに出力されることを特徴とする光半導体装置。

【請求項13】 コレクタと、オープンベースと、少なくとも第1エミッタ、第2エミッタ、第3エミッタを備えるバイポーラトランジスタであって、第1エミッタを接地し、第2エミッタにパルス状の電気信号を入力し、第3エミッタを、第3エミッタの伝導帯とベースの価電子帯のレベルが重なるような電位に保ち、コレクタに負荷抵抗を通して電源電圧を印加し、ベースまたはコレクタに入力される光信号から、第2エミッタに電気信号として入力されるパルスに同期する信号をコレクタから抽出するか、第2エミッタに入力される電気信号から、ベースまたはコレクタに入力されるパルス状の光信号に同期する信号を抽出するようにし、ベースの価電子帯に蓄積される正孔を第3エミッタの伝導帯からトンネル注入される電子によって中和することを特徴とする光半導体装置。

【請求項14】 コレクタと、オープンベースと、第1エミッタ、第2エミッタを備えるバイポーラトランジスタがアレイ状に配置され、各バイポーラトランジスタの第1エミッタ同士、第2エミッタ同士が相互に接続され、第1エミッタが接地され、第2エミッタに選択的に電気信号が印加され、かつ、各アレーの端面からベース

またはコレクタに選択的に光信号が入力されて、選択されたバイポーラトランジスタの電気的な状態をコレクタ電位の変化によって読み出すことを特徴とする光半導体装置。

05 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、電気信号と光信号の双方に伝送する光半導体装置およびそれを用いた信号抽出方法に関する。近年、情報通信技術の飛躍的な進歩により、超高速光通信網が発展し、この超高速光通信網による通信はマルチメディア関係にその用途を拡大しつつある。このように高速大容量の通信を実現するためには、高速大容量化されてきた電気信号による通信の他に、光信号を用いる光ファイバ通信の伝送容量を1 G b i t / s から4 G b i t / s に拡大し、近い将来、さらに大容量の10 G b i t / s に拡大していくことが必要であると考えられている。

【0002】そして、この光ファイバから高速大容量の光信号を受信するためには、高速光信号に伝送する受光素子（光電変換素子）と、受光素子によって変換された電気信号を増幅するためのプリアンプ等の増幅器、さらには大容量の多重光信号を分割して所定チャネルの信号を抽出し、低容量化して各受信基地に送信するためのディマルチプレクサ等の回路が必要になる。

【0003】

【従来の技術】 図16は、従来の多重光信号受信装置の一例のブロック図である。この図において、41は送信系、42は光ファイバ、43は受光素子、44は受信回路、45はディマルチプレクサ回路である。

【0004】この従来の多重光信号受信装置においては、送信系41から光ファイバ42を通して伝送されてくる多重光信号は、高速伝送可能なPINフォトダイオード等の受光素子43によって電気信号に変換され、トランジスタを用いたプリアンプ等の受信回路44によって増幅され、増幅された電気信号はディマルチプレクサ回路45によって各チャネルの信号に分割されて、出力チャネルを通して各受信基地に送信されるようになって

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 このような光信号受信装置は、かなり大がかりなものとなり、また、PINフォトダイオード等の受光素子自体は高速光信号に伝送することができても、受信回路（プリアンプ）やディマルチプレクサ回路等の伝送速度によって光信号の処理速度が制限を受けるという問題があり、従来から、これらの装置を単純化し、高速光信号に伝送できるようにすることが課題になっていた。本発明は、前記の課題を解決するために、高速光信号に伝送する小型化された光半導体装置およびそれを用いた信号抽出方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明にかかる信号抽出方法においては、電気信号と光信号に応答し、電気信号または光信号の片方が入力された時の出力信号と、電気信号と光信号の両方が入力された時の出力信号が異なる光半導体装置を用い、光信号として入力される時分割多重信号から電気信号として入力されるパルスに同期する信号を抽出するか、電気信号として入力される時分割多重信号から光信号として入力されるパルスに同期する信号を抽出する。

【0007】この場合、コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを有するバイポーラトランジスタを用い、コレクタに負荷抵抗を通して電源電圧を印加し、1つのエミッタを接地し、接地されないエミッタに電気信号を入力し、ベースまたはコレクタに光信号として入力される時分割多重信号から、接地されないエミッタに電気信号として入力されるパルスに同期する信号をコレクタから抽出するか、接地されないエミッタに電気信号として入力される時分割多重信号から、ベースまたはコレクタに光信号として入力されるパルスに同期する信号をコレクタから抽出することができる。

【0008】この場合、光信号が入力されず電気信号が入力された時の出力信号と、電気信号が入力されず光信号が入力された時の出力信号が同程度で、かつ、光信号と電気信号が共に入力された時の出力信号を、光信号が入力されず電気信号が入力された時の出力信号、および電気信号が入力されず光信号が入力された時の出力信号より充分大きくなるように、光信号の強度と電気信号の電圧を設定することができる。

【0009】また、本発明にかかるサンプリング方法においては、コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを有するバイポーラトランジスタを用い、コレクタに負荷抵抗を通して電源電圧を印加し、1つのエミッタを接地し、接地されないエミッタに電気信号として周波数 $n f_0$ Hz (ただし n : 整数) の被サンプリング信号を入力し、ベースまたはコレクタに光信号として充分小さいパルス幅をもつ繰り返し周波数 $(f_0 - \Delta f)$ Hz (ただし $\Delta f \ll f_0$) のパルス信号を入力して、コレクタの出力信号を周波数 $n \Delta f$ Hz でサンプリングする。この場合、光信号と電気信号を逆にすることができる。

【0010】また、本発明にかかる光半導体装置においては、電気信号と光信号に応答し、光信号が入力されず電気信号が入力された時の出力信号と、電気信号が入力されず光信号が入力された時の出力信号が同程度で、かつ、光信号と電気信号が共に入力された時の出力信号が、光信号が入力されず電気信号が入力された時の出力信号、および電気信号が入力されず光信号が入力された時の出力信号より充分大きくする。

【0011】また、本発明にかかる他の光半導体装置に

おいては、コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを備えるバイポーラトランジスタであって、1つのエミッタを接地し、接地されないエミッタに電気信号を入力し、コレクタに負荷抵抗を通して電源電圧を印加し、ベースまたはコレクタに光信号として入力される時分割多重信号から、接地されないエミッタに電気信号として入力されるパルスに同期する信号をコレクタから抽出するか、接地されないエミッタに電気信号として入力される時分割多重信号から、ベースまたはコレクタに光信号として入力されるクロックパルスに同期する信号を抽出するようにする。

【0012】また、本発明にかかる他の光半導体装置においては、コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを備えるバイポーラトランジスタを2つ用い、2つのバイポーラトランジスタの各1つのエミッタを電流源を通して電源に接続し、1つのバイポーラトランジスタの他のエミッタに電気信号を入力するようにし、他のバイポーラトランジスタの電源に接続されているエミッタを、そのバイポーラトランジスタの電源に接続されていないエミッタと接続し、2つのバイポーラトランジスタのそれぞれのコレクタを抵抗を通して接地し、2つのバイポーラトランジスタのベースまたはコレクタに同じ光信号が照射され、2つのバイポーラトランジスタのコレクタと抵抗の間から出力信号を取り出すようにした。

【0013】また、本発明にかかる他の光半導体装置においては、コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを備えるバイポーラトランジスタを2つ用い、2つのバイポーラトランジスタの各1つのエミッタを電流源を通して電源に接続し、1つのバイポーラトランジスタの他のエミッタに電気信号を入力するようにし、他のバイポーラトランジスタの電源に接続されていないエミッタを浮遊状態にし、2つのバイポーラトランジスタのコレクタを抵抗を通して接地し、2つのバイポーラトランジスタのベースまたはコレクタに同じ光信号が照射され、2つのバイポーラトランジスタのコレクタと抵抗の間から出力信号を取り出す。

【0014】また、本発明にかかる他の光半導体装置においては、コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを備えるバイポーラトランジスタと、コレクタと、オープンベースと、1つのエミッタを備えるバイポーラトランジスタを用い、2つのバイポーラトランジスタの各1つのエミッタを電流源を通して電源に接続し、2つ以上のエミッタを有するバイポーラトランジスタの他のエミッタに電気信号を入力するようにし、2つのバイポーラトランジスタのコレクタを抵抗を通して接地し、2つのバイポーラトランジスタのベースに同じ光信号が照射され、2つのバイポーラトランジスタのコレクタと抵抗の間から出力信号を取り出す。

【0015】また、本発明にかかる光半導体装置におい

ては、コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを備えるバイポーラトランジスタが複数個配設され、各バイポーラトランジスタの1つのエミッタが接地され、接地されないエミッタにパルス状の電気信号が入力され、コレクタに電源電圧が印加され、各バイポーラトランジスタのベースまたはコレクタに同一の光信号が入力され、接地されないエミッタに入力されるパルス状の電気信号に同期する光信号に対応する電気信号が各バイポーラトランジスタのコレクタに分配する。

【0016】また、本発明にかかる他の光半導体装置においては、コレクタとオープンベースを共通にし、このオープンベースの上に複数のエミッタが点状に配設され、これら複数の隣接する2つ以上をエミッタとするバイポーラトランジスタが複数個形成され、各バイポーラトランジスタの1つのエミッタが接地され、接地されないエミッタに電気信号が入力され、コレクタに電源電圧が印加され、ベースまたはコレクタに同一の光信号が入力され、各エミッタに同一の光信号が入力され、接地されないエミッタに入力される電気信号に同期する光信号に対応する電気信号が各バイポーラトランジスタに共通するコレクタに出力される。

【0017】また、本発明にかかる光半導体装置においては、コレクタと、オープンベースと、少なくとも第1エミッタ、第2エミッタ、第3エミッタを備えるバイポーラトランジスタであって、第1エミッタを接地し、第2エミッタにパルス状の電気信号を入力し、第3エミッタを、第3エミッタの伝導帯とベースの価電子帯のレベルが重なるような電位に保ち、コレクタに負荷抵抗を通して電源電圧を印加し、ベースまたはコレクタに入力される光信号から、第2エミッタに電気信号として入力されるパルスに同期する信号をコレクタから抽出するか、第2エミッタに入力される電気信号から、ベースまたはコレクタに入力されるパルス状の光信号に同期する信号を抽出するようにし、ベースの価電子帯に蓄積される正孔を第3エミッタの伝導帯からトンネル注入される電子によって中和する。

【0018】また、本発明にかかる他の光半導体装置においては、コレクタと、オープンベースと、第1エミッタ、第2エミッタを備えるバイポーラトランジスタがアレイ状に配置され、各バイポーラトランジスタの第1エミッタ同士、第2エミッタ同士が相互に接続され、第1エミッタが接地され、第2エミッタに選択的に電気信号が印加され、かつ、各アレイの端面からベースまたはコレクタに選択的に光信号が入力されて、選択されたバイポーラトランジスタの電気的な状態をコレクタ電位の変化によって読み出す。

【0019】

【作用】本発明の発明者らは、電気信号と光信号の両方に応答する光半導体装置が得られると仮定し、その電気信号と光信号のいずれか1つが入力されたときの出力信

号と、電気信号と光信号の双方が入力されたときの出力が異なる性質を有する光半導体装置を用いれば、パルス状の電気信号によって光信号である時分割多重信号から各チャンネルの信号を抽出することができ、これとは逆に、パルス状の光信号を用いることによって電気信号である時分割多重信号から各チャンネルの信号を抽出することができると考えた。

【0020】図1は、本発明の多重光信号受信装置の原理説明図である。この図において、1は送信系、2は光ファイバ、3は光半導体装置、4は多重光信号、5は電気的クロックパルス、6は出力信号である。

【0021】本発明の多重光信号の受信装置においては、送信系1から光ファイバ2を通して伝送されてくる多重光信号4は、電気信号と光信号の両方に応答する複数の光半導体装置3の入力側に伝送され、各光半導体装置において電気信号に変換され、多重光信号に対応する電気信号から、各チャンネルに特有のタイミングを有する電気的クロックパルス5によって各出力チャンネル毎に抽出されて、出力信号6として出力される。

【0022】本発明の多重光信号受信装置によると、複雑かつ大規模な電子回路あるいは装置を用いることなく、高速かつ容易に多重光信号から所望のチャンネルの電気信号を抽出することができる。

【0023】一般に、光信号を電気信号に変換する素子としては、従来から知られているPINフォトダイオードやAPD（アバランシェフォトダイオード）、PT（フォトリンジスタ）等を用いることが考えられるが、これらの受光素子には、次のような問題がある。

【0024】（1）PINフォトダイオードは2端子素子であるため、素子自体に増幅作用をもたせることができない。したがって、PINによって変換した電気信号を次段のプリアンプで増幅することが必要である。

（2）また、これらの問題を解決するために、APDが開発されている。しかし、APDはPINと比較して高い（5倍：25V程度）動作電圧を必要とするとともに、使い難く、また、APD内で発生する雑音が大きいという問題もある。

（3）さらに、通常の構造を有するバイポーラトランジスタのベースを浮遊状態にしたPT（フォトリンジスタ）も開発されているが、ベースに蓄積された多数キャリアの蓄積による大きな応答時間が問題になっている。

【0025】また、PIN、APD、PTは基本的には2端子素子であるため、光入力に対しては入出力間の分離がなされているが、電気的入力（2端子間の電圧）に対しては入出力間の分離がされていないために極めて使い難く、本発明の目的に用いることは困難である。

【0026】これに対して、本発明の発明者らが先に提案したオープンベース型マルチエミッタヘテロ接合バイポーラトランジスタ（この明細書では、「オープンベース型ME-HBT」あるいは簡単にするため「ME-H

B T」と呼ぶことがある)は、素子自体に増幅機能があるとともに、高濃度にドーピングされたエミッタからベース中にバンド間トンネルにより少数キャリア(NPNトランジスタでは電子)を注入することができるため、照射光を遮断したときの応答時間が従来のフォトトランジスタと比較して極めて高速となるという特徴を有している。

【0027】なお、通常のベース電極をとる型のHBTを用いても、照射光の有無によってI_cを変化させることができるが、その場合は少数キャリアの注入による高速応答が困難になるとともに、光照射によるベース中の正孔の蓄積効果が、オープンベース型HBTの場合に比べて小さく、オープンベース型HBTによって生じる効果におよばない。そこで、本発明においては、前記の電気信号と光信号の両方に応答する光半導体装置として、オープンベース型ME-HBTを用いる。

【0028】図2は、オープンベース型ME-HBT光半導体装置の構成説明図である。この図において、11はInP基板、12はn⁺-InGaAsコレクタコンタクト層、13はn-InGaAsコレクタ層、14はp-InGaAsベース層、15₁は第1のn-InPエミッタ層、15₂は第2のn-InPのエミッタ層、16₁は第1のn-InGaAsエミッタコンタクト層、16₂は第2のn-InGaAsエミッタコンタクト層、17₁は第1のエミッタ電極、17₂は第2のエミッタ電極、18はコレクタ電極である。

【0029】オープンベース型ME-HBT光半導体装置においては、InP基板11の上に厚さ300nmのn⁺-InGaAsコレクタコンタクト層(5×10¹⁸cm⁻³)12を形成し、その上に、厚さ300nmのn-InGaAsコレクタ層(1×10¹⁷cm⁻³)13を成長し、その上に厚さ80nmのp-InGaAsベース層(5×10¹⁹cm⁻³)14を形成し、その上に厚さ150nmのn-InP層(1×10¹⁹cm⁻³ ハイドープ)と厚さ200nmのn-InGaAs層(5×10¹⁹cm⁻³)を形成し、エッチングして分離して、第1のn-InPエミッタ層15₁と第2のn-InPのエミッタ層15₂、第1のn-InGaAsエミッタコンタクト層16₁と第2のn-InGaAsエミッタコンタクト層16₂を形成する。

【0030】そして、第1のn-InGaAsエミッタコンタクト層16₁と第2のn-InGaAsエミッタコンタクト層16₂の上に第1のエミッタ電極17₁と第2のエミッタ電極17₂を形成し、n⁺-InGaAsコレクタコンタクト層12の上にコレクタ電極18を形成している。

【0031】図3、図4はオープンベース型ME-HBT光半導体装置の動作説明図であり、(A)～(F)は各状態を示している。この図において、Cはコレクタ領域、Bはベース領域、E₁は第1エミッタ領域、E₂は

第2エミッタ領域、eは電子、hは正孔、V_{E1}は第1エミッタ領域の電位、V_{E2}は第2エミッタ領域の電位、V_{EE}は第1エミッタ層と第2エミッタ層の間の電圧、hνは光信号、I_cはコレクタ電流である。

05 【0032】第1の状態(V_{E1}, V_{E2}オフ 光照射なし)(図3(A)参照)

初期状態を示しており、第1エミッタ領域の電位V_{E1}と第2エミッタ領域をオフし、光信号hνを照射しない場合のエネルギーバンドを示している。この状態では、ベース領域Bに光照射による電子e、正孔hを生じないことに加えて、第1エミッタ領域の電位V_{E1}と第2エミッタ領域の電位V_{E2}がオフされているため、コレクタ電流I_cは流れない。

15 【0033】第2の状態(0<V_{E1}≤V_{E2} 光照射なし)(図3(B)参照)

第1エミッタ領域の電位V_{E1}と第2エミッタ領域の電位V_{E2}をともに正にし、第2エミッタ領域の電位V_{E2}の電位を第1エミッタ領域の電位V_{E1}より高くし、光信号hνを照射しない場合のエネルギーバンドを示している。この状態では、ベース領域Bに電子e、正孔hが生じないためコレクタ電流I_cは流れない。

20 【0034】第3の状態(V_{E1}, V_{E2}オフ 光照射あり)(図3(C)参照)

第1エミッタ領域の電位V_{E1}と第2エミッタ領域の電位V_{E2}をオフし、光信号hνを照射した場合のエネルギーバンドを示している。この状態では、ベース領域Bに光照射によって電子e、正孔hが生じるが、第1エミッタ領域の電位V_{E1}と第2エミッタ領域の電位V_{E2}をオフしているためコレクタ電流I_cは流れない。

30 【0035】第4の状態(0<V_{E1}≤V_{E2} 光照射あり)(図4(D)参照)

第1エミッタ領域の電位V_{E1}と第2エミッタ領域の電位V_{E2}をともに正にし、第2エミッタ領域の電位V_{E2}の電位を第1エミッタ領域の電位V_{E1}よりV_{EE}だけ高くし、光信号hνを照射した場合のエネルギーバンドを示している。この状態では、光信号の照射によってベース領域Bに電子e、正孔hが生成され、生成された正孔hは、ベース領域Bの価電子帯が凸状になっているためベース領域に蓄積され、電子eは伝導帯のポテンシャルの勾配にしたがってコレクタ領域に移動し、第1エミッタ領域E₁からベース領域Bに注入される電子eとともにコレクタ領域Cに移動するためコレクタ電流I_cが流れる。

35 【0036】第5の状態(0<V_{E1}≤V_{E2} 光照射遮断)(図4(E)参照)

45 第1エミッタ領域の電位V_{E1}と第2エミッタ領域の電位V_{E2}をともに正にし、第2エミッタ領域の電位V_{E2}の電位を第1エミッタ領域の電位V_{E1}より著しく高くし、光信号hνを遮断した場合のエネルギーバンドを示している。

50 【0037】この状態では、光信号hνを遮断している

ためベース領域Bに電子e、正孔hは生じないので、ベース領域Bのポテンシャルが下がっていくが、その途中で第2エミッタ領域E₂の伝導帯中の電子がベース領域Bの価電子帯にトンネルしてベース領域Bの価電子帯に滞留していた正孔と中和する。そのため、コレクタ電流I_cが速く遮断される。

【0038】第6の状態($0 < V_{E1} < V_{E2}$ 光照射遮断) (図4(F)参照)

第1エミッタ領域の電位V_{E1}と第2エミッタ領域の電位V_{E2}をともに正にし、第2エミッタ領域の電位V_{E2}を、第1エミッタ領域の電位V_{E1}より高いが、第1エミッタ領域の電位V_{E1}に近く、第2エミッタ領域E₂の伝導帯がベース領域Bの価電子帯が一致する電位に設定し、光信号hνを入力した場合のエネルギーバンドを示している。

【0039】この状態では、光信号hνの照射を遮断しているため電子e、正孔hの発生がなく、第2エミッタ領域E₂の伝導帯中の電子とベース領域Bの価電子帯中の正孔のエネルギーレベルが一致するため、第2エミッタ領域E₂の伝導帯中の電子がベース領域Bの価電子帯にバンド間トンネルしてベース領域Bの価電子帯に滞留していた正孔を中和するため、ベース領域Bのポテンシャルが上昇し、第1エミッタ領域V_{E1}から注入される電子eのコレクタ領域Cへの移動が妨げられ、コレクタ電流I_cが流れなくなる。

【0040】この電気信号と光信号に応答するオープンベース型ME-HBTの特性を利用すると、電気信号または光信号の片方が入力された時の出力信号と、電気信号と光信号の両方が入力された時の出力信号の差によって、光信号として入力される時分割多重光信号から、クロックパルスに同期する特定チャネルの信号を抽出することができる。

【0041】

【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。

(第1実施例) 図5は、第1実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置の動作特性説明図であり、

(A)は回路図、(B)は入出力波形説明図である。図5(A)に示されているように、本発明のオープンベース型ME-HBTにおいては、コレクタCが抵抗R(4kΩ)を通して電源V_{cc}に接続され、第1エミッタE₁は接地され、第2エミッタE₂には第2入力信号(I_{N2})であるクロックパルスが印加され、ベースには第1入力信号(I_{N1})として光信号hνが入射されるようになっており、コレクタCと抵抗Rの接合点から出力信号OUTを取り出すようになっている。

【0042】このオープンベース型ME-HBTの入出力特性は、図5(B)の測定結果に示されているように、このオープンベース型ME-HBTのベースBに第1入力信号(I_{N1})として矩形波光信号(ベースのバンドギャップよりも大きいエネルギーを有する光)hν

を入射し、第2エミッタE₂に第2入力信号(I_{N2})として矩形波電気信号(クロックパルス)を印加した場合、出力OUTには、第2入力信号(I_{N2})である矩形波電気信号が正の期間だけ第1入力信号(I_{N1})である矩形波光信号hνが、抵抗Rの電圧降下として抽出されていることがわかる。

【0043】すなわち、オープンベース型ME-HBTの第2エミッタE₂に inputs する第2入力信号(I_{N2})によってベースBに入射される第1入力信号(I_{N1})をスイッチングすることができ、これとは逆に、ベースBに入射する第1入力信号(I_{N1})によって第2エミッタE₂に inputs される第2入力信号(I_{N2})をスイッチングすることができる。ことがわかる。

【0044】このようなスイッチング特性は、オープンベース型ME-HBTの第2エミッタE₂に inputs する第2入力信号(I_{N2})とベースBに入射する第1入力信号(I_{N1})の相乗効果(AND)によって得られたものである。すなわち、オープンベース型ME-HBTの第1エミッタE₁を接地し、第2エミッタE₂に正の電圧を加えると、ベースBのポテンシャルが低くなるため、ベースBに光を入射すると、第2エミッタE₂から電子がベースB中に注入されやすくなるためである。

【0045】なお、この測定結果によると、第1入力信号(I_{N1})である矩形波光信号hνが入射されなくても、第2エミッタE₂に第2入力信号(I_{N2})である矩形波電気信号(クロックパルス)を印加しただけで若干の電流が流れていることがわかる。その理由は、図6に関連して説明する。

【0046】図6は、オープンベース型ME-HBT光半導体装置のコレクタ電流の入射光パワー依存性説明図(1)である。この図の横軸は入射光パワーP₀を示し、縦軸はコレクタ電流を示し、入射光の波長を1.55μmとし、第1エミッタと第2エミッタの間の電圧V_{EE}を0V, 0.1V, 0.2V, 0.3V, 0.4V, 0.5V, 0.6V, 0.7V, 0.8Vにした場合のコレクタ電流を示している。

【0047】この図から、いずれの場合も、通常のフォトトランジスタ(PT)の場合と同様に、入射光パワーを大きくするにしたがってコレクタ電流I_cが増大することがわかるが、一方、オープンベース型ME-HBTの特徴として、第1エミッタE₁と第2エミッタE₂の間の電圧(V_{EE})を大きくすると、入射光パワーが0の時にコレクタ電流I_cが立ち上がり、例えばV_{EE}=0VとV_{EE}=0.7Vとのコレクタ電流I_cの差は、ベースBに光を入射したときと光を入射しないときとでは大きく異なっていることがわかる。

【0048】例えば、入射光パワーが0のときのV_{EE}=0VとV_{EE}=0.7Vの場合のコレクタ電流I_cの差は約300μAであるのに対して、入射光パワーが420μWの場合は900μAにも達している。したがって、

この特性を用いれば前記の光信号と電気信号のAND論理を構成する目的を達成することが可能になる。

【0049】ここで、例えば第1エミッタ E_1 と第2エミッタ E_2 の間に印加する電圧(V_{EE})を0.7Vにし、入射光パワーを $420\mu W$ にすれば、光信号と電気信号がともにオンした時の出力信号を $1200\mu A$ とし、光信号がオフし電気信号がオンした時の出力信号と、電気信号がオフし光信号がオンした時の出力信号を約 $300\mu A$ にすることができる。

【0050】図7は、オープンベース型ME-HBT光半導体装置のコレクタ電流の入射光パワー依存性説明図(2)である。この図は、図6における入射光パワーとコレクタ電流の低レベルにおける特性を示したもので、その横軸は入射光パワー P_0 を示し、縦軸はコレクタ電流を示し、入射光の波長を $1.55\mu m$ とし、第1エミッタと第2エミッタの間の電圧 V_{EE} を0V, 0.1V, 0.2V, 0.3V, 0.4V, 0.5Vにした場合のコレクタ電流を示している。

【0051】この図によると、第1エミッタ E_1 と第2エミッタ E_2 の間に印加する電圧(V_{EE})を例えば0.5V程度とオープンベース型ME-HBTのコレクタ電流立ち上がり電圧程度に設定すると、入射光パワー P_0 を $22\mu W$ 程度と低く設定して、低入力電圧、低入射光パワーで動作することがわかる。

【0052】(第2実施例)先に説明した第1実施例のオープンベース型ME-HBTにおいては、図5(B)に示されているように、光信号と電気信号の片方だけが入力されたときのコレクタ電流と、光信号と電気信号が共にないときのコレクタ電流には若干の差が生じることは避けられないため、出力信号としてにある程度のオフセットが生じるのを避けることができず、用途によってはこのオフセットが不都合を生じる場合がある。このオフセットを解消する方法として、次のような手段を用いることが考えられる。

【0053】すなわち、図6、図7において、第1エミッタ E_1 と第2エミッタ E_2 の間に印加する電圧(V_{EE})をコレクタ電流立ち上がり電圧以下(例えば0.5V程度)にしておくと、 $V_{EE}=0V$ と $V_{EE}=0.4V$ におけるコレクタ電流 I_c の差が極めてわずか

($1.3\mu A$)であるのに対して、例えば光信号を $420\mu W$ 照射したときの V_{EE} によるコレクタ電流 I_c の差が大きく(約 $350\mu A$)なる点に着目する。

【0054】そして、電気信号によってコレクタ電流が立ち上がる電圧を出力信号の立ち上がり電圧近傍に設定して、入射光によってオープンベース型ME-HBTがオンする時の入射光のパワーを、電気信号によってオープン・ベース型ME-HBTがオンする時の出力電流と同程度の出力電流を生じるように設定することによって、オフセットを低減することができる。

【0055】(第3実施例)図8は、第3実施例のオフ

セットを低減したオープンベース型ME-HBT光半導体装置の説明図であり、(A)~(C)は各態様を示している。この図8(A)に示されているように、この実施例のオープンベース型ME-HBTにおいては、オフセットをなくする方法として、オープンベース型ME-HBTを2つ使い、これらのオープンベース型ME-HBTの第1エミッタ同士を電流源 I_0 を通して電源 V_{ES} に接続し、第1のオープンベース型ME-HBTの第2エミッタ E_2 に電気信号を入力し、第2のオープンベース型のME-HBTの第2エミッタは開放し、双方のコレクタCを抵抗Rを通して接地し、両方のオープンベース型ME-HBTのベースBまたはコレクタCに同時に同じ光信号が入射されるようにする。

【0056】この実施例においては、光信号と電気信号が共に入力されないときには両方のオープンベース型ME-HBTのコレクタ電流は微小で、互いに等しいため、第1のオープンベース型ME-HBTの出力 OUT_1 と第2のオープンベース型ME-HBTの出力 OUT_2 の間には電圧が発生せず、出力 OUT_1 と出力 OUT_2 の間の出力信号は0となる。

【0057】第1のオープンベース型ME-HBTの第1エミッタ E_1 に電気信号が入力されても、それがオープンベース型ME-HBTの立ち上がり電圧0.4Vより低ければコレクタ電流は小さいため、両方のオープンベース型ME-HBTの電流の差はなく、出力はやはり0である。また、両方のオープンベース型ME-HBTのベースBに光信号が入力されても、両方のオープンベース型ME-HBTの特性が同じであるため、コレクタ電流に差はなくやはり出力は0になる。

【0058】これに反して、光信号と電気信号の双方が入力されたときは、図6からわかるようにコレクタ電流の差が大きいため、第1のオープンベース型ME-HBTの出力 OUT_1 と第2のオープンベース型ME-HBTの出力 OUT_2 の電圧に差を生じ、出力端子 OUT_1 と出力端子 OUT_2 の間の出力信号に差(この状態を「1」とする)を生じる。

【0059】前述の説明は、第2のオープンベース型のME-HBTの第2エミッタを開放するものとしたが、第2のオープンベース型ME-HBTの第1エミッタと第2エミッタを短絡しておくこともできる(図8(B)参照)。さらに、第2のオープンベース型ME-HBTをオープンベース型のシングルエミッタヘテロ接合バイポーラトランジスタ(SE-HBT)に代えることもできる(図8(C)参照)。

【0060】図9は、第3実施例のオフセットを低減したオープンベース型ME-HBT光半導体装置の構成説明図である。この図において、21はInP基板、22は n^+ -InGaAs層、22₁は n^+ -InGaAsコレクタコンタクト層、22₃は n^+ -InGaAsコレクタコンタクト層、23は n -InGaAs層、23

1 は $n\text{-InGaAs}$ コレクタ層、23₃ は $n\text{-InGaAs}$ コレクタ層、24 は $p\text{-InGaAs}$ 層、24₁ は $p\text{-InGaAs}$ ベース層、24₃ は $p\text{-InGaAs}$ ベース層、25 は $n\text{-InP}$ 層、25₁ は第1の $n\text{-InP}$ エミッタ層、25₂ は第2の $n\text{-InP}$ のエミッタ層、25₃ は $n\text{-InP}$ エミッタ層、26 は $n\text{-InGaAs}$ 層、26₁ は第1の $n\text{-InGaAs}$ エミッタコンタクト層、26₂ は第2の $n\text{-InGaAs}$ エミッタコンタクト層、26₃ は $n\text{-InGaAs}$ エミッタコンタクト層、27₁ は第1のエミッタ電極、27₂ は第2のエミッタ電極、27₃ はエミッタ電極、28₁ はコレクタ電極、28₃ はコレクタ電極である。

【0061】この図は、第3実施例のオープンベース型の ME-HBT において、第2のオープンベース型の ME-HBT をオープンベース型のシングルエミッタヘテロ接合バイポーラトランジスタに代えた場合の構成を示している。

【0062】この実施例のオープンベース型 ME-HBT においては、まず、 InP 基板21の上に $n^+\text{-InGaAs}$ 層22を成長し、その上に $n\text{-InGaAs}$ 層23を成長し、その上に $p\text{-InGaAs}$ 層24を成長し、その上に $n\text{-InP}$ 層25を成長し、その上に $n\text{-InGaAs}$ 層26を成長し、 $n\text{-InGaAs}$ 層26、 $n\text{-InP}$ 層25、 $p\text{-InGaAs}$ 層24、 $n\text{-InGaAs}$ 層23、 $n^+\text{-InGaAs}$ 層22を溝状にエッチングして分離し、分離された一方に、 $n^+\text{-InGaAs}$ コレクタコンタクト層22₃、 $n\text{-InGaAs}$ コレクタ層23₃、 $p\text{-InGaAs}$ ベース層24₃、 $n\text{-InP}$ エミッタ層25₃、 $n\text{-InGaAs}$ エミッタコンタクト層26₃、エミッタ電極27₃、コレクタ電極28₃ からなる SE-HBT を形成する。

【0063】そして、分離された他方の $n\text{-InGaAs}$ 層26、 $n\text{-InP}$ 層25を溝状にエッチングして分離し、 InP 基板21の上に $n^+\text{-InGaAs}$ コレクタコンタクト層22₁、 $n\text{-InGaAs}$ コレクタ層23₁、 $p\text{-InGaAs}$ ベース層24₁、第1の $n\text{-InP}$ エミッタ層25₁、第2の $n\text{-InP}$ のエミッタ層25₂、第1の $n\text{-InGaAs}$ エミッタコンタクト層26₁、第2の $n\text{-InGaAs}$ エミッタコンタクト層26₂、第1のエミッタ電極27₁、第2のエミッタ電極27₂、コレクタ電極28₁ からなるオープンベース型 ME-HBT を形成する。

【0064】この実施例のオープンベース型 ME-HBT は回路的には若干複雑になるが、動作余裕が大きいという点で第1実施例、第2実施例のオープンベース型 ME-HBT より優れている。

【0065】（第4実施例）先に説明した図6において、例えば V_{BE} を0.7Vとし、光信号パワーを420 μW とし、負荷抵抗の値を充分高くして、光信号と電気信号のいずれか一方が入力したときでもオープンベース

型の ME-HBT が導通するようにしておけば光信号と電気信号の間の OR 論理回路を構成することができる。

【0066】（第5実施例）図10は、第5実施例のオープンベース型 ME-HBT 光半導体装置を用いた多重信号受信装置の説明図である。この実施例の多重信号受信装置においては、基板 Sub の上に前述した構造のコレクタコンタクト層、コンタクト層、ベース層、エミッタ層、エミッタコンタクト層、コレクタ電極、第1エミッタ電極、第2エミッタ電極を有する複数のオープンベース型の ME-HBT を形成し、各オープンベース型の ME-HBT の第1エミッタを接地し、各オープンベース型の ME-HBT の第2エミッタにはクロックパルス

を印加するようにし、ベースには発信部から発信される光信号が入力されるようになっている。
【0067】この多重信号受信装置によると、発信部から発信されベースに入力される時分割多重光信号から、各チャンネルのオープンベース型の ME-HBT の第2エミッタに入力される各チャンネルに特有のタイミングのクロックパルスによって抽出して、各チャンネルに分配することができる。

【0068】この場合、クロックパルスを第2エミッタに接続する配線を共通にし、各オープンベース型 ME-HBT の第2エミッタの間に遅延回路を設け、1つのパルスをこの遅延回路によって遅延させることによって、各チャンネルのタイミングをもったクロックパルスを形成することができる。なお、この場合、光信号と電気信号を交換しても目的とする動作を実現することができる。

【0069】（第6実施例）図11は、第6実施例のオープンベース型 ME-HBT 光半導体装置を用いた多重信号送信装置の説明図である。この実施例の多重信号送信装置においては、基板 Sub の上に前述した構造のコレクタコンタクト層、コンタクト層、ベース層、エミッタ層、エミッタコンタクト層、コレクタ電極、第1エミッタ電極、第2エミッタ電極を有する複数のオープンベース型 ME-HBT を形成し、各オープンベース型 ME-HBT の第1エミッタを接地し、各オープンベース型 ME-HBT の第2エミッタにはクロックパルスを印加するようにし、ベースには複数の発信部から発信される光信号が入力されるようになっている。

【0070】この多重信号送信装置によると、各発信部から発信され各オープンベース型 ME-HBT のベースに入力される光信号から、各オープンベース型 ME-HBT 特有のタイミングを有するクロックパルスによって抽出され、多重電気信号とすることができる。この多重電気信号によって半導体レーザを駆動すると多重光信号を発生することもできる。

【0071】（第7実施例）実際の光信号の伝送装置においては、光ファイバから伝送される光の直径は10 μm 以上あり、しかも光信号と受光素子との位置合わせが困難であるため、受光部の面積は100 μm^2 を越える

のが実情である。しかし、このような大きな面積を確保するためには、第1エミッタと第2エミッタの間の距離を大きくする必要があり、第1エミッタと第2エミッタの間の距離を大きくすると第1エミッタと第2エミッタの間のベース抵抗が高くなるという欠点が生じてくる。

【0072】図12は、第7実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置の構成説明図である。この図において、31は基板、32はコレクタコンタクト層、33はコレクタ層、34はベース層、35₁~35₇はエミッタ、36₁~36₇はエミッタ電極、37はコレクタ電極である。

【0073】この実施例においては、基板31の上に、共通のコレクタコンタクト層32と共通のコレクタ層33と共通のベース層34を形成し、その上に微細なエミッタ35₁~35₇とエミッタ電極E₁~E₇を形成している。そして、微細なエミッタ35₁~35₇の隣接するもの同士を適宜オープンベース型ME-HBTの第1エミッタと第2エミッタとして用い、微細なエミッタ35₁~35₇が形成されている全域に光ファイバから伝送される光を照射するようにする。

【0074】このようにすると、受光面積を稼ぎながらエミッタ間の寄生抵抗を低減し、合わせ余裕をもたせることができ、また、フォトリソグラフィ技術を適用することによって容易に製造することができる。なお、特定のオープンベース型ME-HBTのエミッタ電極間のベース層上に遮光膜を形成すれば、光に対して感度のない増幅機能を有するME-HBTを形成することができ、受光部の一部に増幅器等の回路を容易に組み込むことも可能である。

【0075】(第8実施例) 図13は、第8実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置の動作説明図であり、(A)~(C)は各状態を示している。この図において、Cはコレクタ領域、Bはベース領域、E₁は第1エミッタ領域、E₂は第2エミッタ領域、E₃は第3エミッタ領域、V_{E1}は第1エミッタ領域の電位、V_{E2}は第2エミッタ領域の電位、V_{E3}は第3エミッタ領域の電位、eは電子、hは正孔、hνは光信号、I_cはコレクタ電流である。

【0076】この実施例は、前述の実施例において説明した2つのエミッタを有するオープンベース型ME-HBTに、ベース領域Bの価電子帯に蓄積される過剰の正孔を中和する電子をバンド間トンネルによって注入するためのエミッタ領域を追加したもので、第1エミッタ領域E₁、第2エミッタ領域E₂および第3エミッタ領域E₃は高ドーピングされており、第1エミッタ領域E₁と第3エミッタ領域E₃とベース領域、コレクタ領域で構成されるオープンベース型ME-HBTの動作は前記の実施例において説明したものである。

【0077】第1の状態(図13(A)参照)

第1エミッタ領域E₁を接地し、第3エミッタ領域E₃

に電圧を入力しない状態で、光信号hνを照射しない場合のエネルギーバンドを示している。なお、このとき第2エミッタ領域の電位V_{E2}は、第1エミッタ領域の電位V_{E1}と第3エミッタ領域の電位V_{E3}の間に保たれている。

05 この状態では、ベース領域Bに電子e、正孔hが生じないためコレクタ電流I_cは流れない。

【0078】第2の状態(図13(B)参照)

第1エミッタ領域E₁を接地し、第3エミッタ領域E₃に電圧を入力した状態で、光信号hνを照射した場合のエネルギーバンドを示している。なお、このとき第2エミッタ領域の電位V_{E2}は、第1エミッタ領域の電位V_{E1}と第3エミッタ領域の電位V_{E3}の間に保たれている。この状態では、光信号hνの照射によってベース領域Bに電子e、正孔hが生成され、生成された正孔hは、ベース領域Bの価電子帯が凸状になっているためベース領域に蓄積され、電子eは伝導帯のポテンシャルの勾配にしたがってコレクタ領域に移動し、第1エミッタ領域E₁からベース領域Bに注入される電子eとともにコレクタ領域Cに移動するためコレクタ電流I_cが流れる。

20 【0079】第3の状態(図13(C)参照)

第1エミッタ領域E₁を接地し、第3エミッタ領域E₃に電圧を入力した状態で、光信号hνの照射を遮断した場合のエネルギーバンドを示している。なお、このとき第2エミッタ領域の電位V_{E2}は、第1エミッタ領域の電位V_{E1}と第3エミッタ領域の電位V_{E3}の間に保たれている。

【0080】この状態では、光信号hνの照射が遮断されているため電子e、正孔hの発生がなく、第2エミッタ領域E₂の伝導帯中の電子とベース領域Bの価電子帯中の正孔のエネルギーレベルが一致し、第2エミッタ領域E₂の伝導帯中の電子がベース領域Bの価電子帯にバンド間トンネルしてベース領域Bの価電子帯に滞留していた過剰の正孔を中和するため、ベース領域Bのポテンシャルが上昇し、第1エミッタ領域E₁から注入される電子eのコレクタ領域Cへの移動を妨げ、コレクタ電流I_cを遮断する。

【0081】この実施例においては、第2エミッタ領域E₂の伝導帯中の電子がベース領域Bの価電子帯に滞留している過剰の正孔を中和するため、コレクタ電流I_cの遮断特性が改善され、高速の応答が可能になる。

【0082】(第9実施例) 図14は、第9実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置を用いたサンプリング方法の説明図である。この実施例は、光サンプリングに用いることができるオープンベース型ME-HBT光半導体装置に関するものである。

【0083】オープンベース型ME-HBTを、周波数がn f₀ Hz (ただしn:整数)でこの図に例示されるような波形の被測定(被サンプリング)電気波形を有する電気的信号を、繰り返し周波数(f₀ - Δf) Hz (ただしΔf ≪ f₀の同期のオフセット)のサンプリング

グ用の光パルス列によってサンプリングして、 $n \Delta f$ の繰り返しで信号パルスを低速な $f_0 / n \Delta f$ 点でサンプリングした波形を得る場合に用いることができる。この場合は、負荷抵抗を低く設定し、 I_c の変化が出力電圧の変化に反映するようにする。

【0084】この場合は、コレクタと、オープンベースと、2つ以上のエミッタを有するバイポーラトランジスタを用い、コレクタに負荷抵抗を通して電源電圧を印加し、1つのエミッタを接地し、接地されないエミッタに電気信号として周波数 $n f_0$ Hz の被サンプリング信号を入力し、ベースまたはコレクタに光信号として充分小さいパルス幅をもつパルス信号を入力して、コレクタの出力信号を周波数 $n \Delta f$ Hz でサンプリングする。

【0085】また、これとは逆に、ベースまたはコレクタに光信号として周波数 $n f_0$ Hz の被サンプリング信号を入力し、接地しないエミッタに電気信号として充分小さいパルス幅をもつ繰り返し周波数 $(f_0 - \Delta f)$ Hz のパルス信号を入力して、コレクタの出力信号を周波数 $n \Delta f$ Hz でサンプリングすることもできる。

【0086】(第10実施例) 図15は、第10実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置の構成説明図である。この実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置においては、コレクタ領域C、オープンベース領域、第1エミッタ領域 E_1 、第2エミッタ領域 E_2 を備えるバイポーラトランジスタME-HBTをアレイ状(例えば基盤の目状)に配置し、横方向に並ぶオープンベース型ME-HBTの境界にイオンを注入して光を透過できる状態で電氣的に絶縁し、縦方向に並ぶオープンベース型ME-HBTの境界に遮光層を形成して光学的に遮蔽している。

【0087】そして、各オープンベース型ME-HBTの第1エミッタ同士、第2エミッタ同士を相互に接続し、第1エミッタを接地し、第2エミッタに選択的にパルス状の電気信号を入力し、各アレーの端面からベースまたはコレクタに選択的に光信号を入力するようになっている。

【0088】この実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置によると、光信号と電気信号によって選択された特定のバイポーラトランジスタを導通状態にして、そのバイポーラトランジスタの電氣的な状態をコレクタ電位の変化によって読み出すことができるため、一種のROMとして利用することができる。

【0089】なお、前記の各実施例においては、 $InGaAs/InP$ をベースにして説明したが、本発明を $GaAs/AlGaAs$ 、 $Si/SiGe$ 等のHBTやバイポーラトランジスタに応用できることはいうまでもない。また、npn型の他pnp型にも同様に適用することができる。

【0090】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のオープン

ベース型ME-HBTを用いた光半導体装置によって、電気信号と光信号の両方が入力されたときにのみ出力が変化する新しい機能をもつ装置を実現することができ、この装置を用いることにより、光ファイバを用いた光伝送システムにおいて、高速大容量の光信号の受信が可能になり、光信号を電気信号に変換すると共に増幅し、さらに多重化された光信号を電気信号であるクロックパルスに同期させて分配して出力チャネルに送り出すことができる新しい光受信システムを実現することが可能になる。また、本発明の光半導体装置は、通常の電氣的スイッチング装置、増幅トランジスタとしても用いることができ、また、同一の製造工程によって製造することができるため、モノリシック集積回路化された超高速受信システムを提供することが可能になる。

15 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の多重光信号受信装置の原理説明図である。

【図2】オープンベース型ME-HBT光半導体装置の構成説明図である。

20 【図3】オープンベース型ME-HBT光半導体装置の動作説明図(1)であり、(A)～(C)は各状態を示している。

【図4】オープンベース型ME-HBT光半導体装置の動作説明図(2)であり、(D)～(F)は各状態を示している。

【図5】第1実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置の動作特性説明図であり、(A)は回路図、(B)は入出力波形説明図である。

【図6】オープンベース型ME-HBT光半導体装置のコレクタ電流の入射光パワー依存性説明図(1)である。

【図7】オープンベース型ME-HBT光半導体装置のコレクタ電流の入射光パワー依存性説明図(2)である。

35 【図8】第3実施例のオフセットを低減したオープンベース型ME-HBT光半導体装置の説明図であり、(A)～(C)は各態様を示している。

【図9】第3実施例のオフセットを低減したオープンベース型ME-HBT光半導体装置の構成説明図である。

40 【図10】第5実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置を用いた多重信号受信装置の説明図である。

【図11】第6実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置を用いた多重信号送信装置の説明図である。

【図12】第7実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置の構成説明図である。

【図13】第8実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置の構成説明図である。

50 【図14】第9実施例のオープンベース型ME-HBT

光半導体装置を用いたサンプリング方法の説明図である。

【図15】第10実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置の構成説明図である。

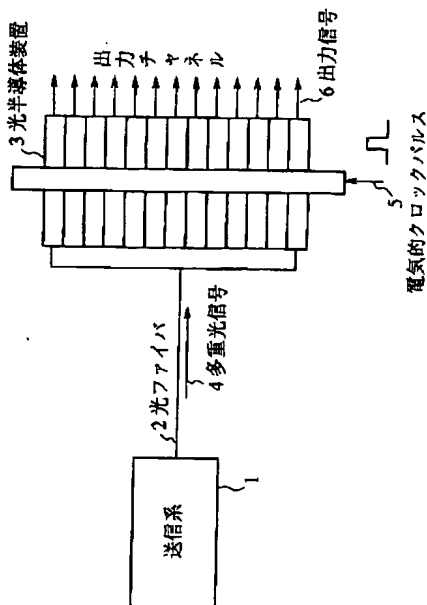
【図16】従来の多重光信号受信装置の一例のブロック図である。

【符号の説明】

- 1 送信系
- 2 光ファイバ
- 3 光半導体装置
- 4 多重光信号
- 5 電氣的クロックパルス
- 6 出力信号
- 11 InP基板
- 12 n^+ -InGaAsコレクタコンタクト層
- 13 n-InGaAsコレクタ層
- 14 p-InGaAsベース層
- 15₁ 第1のn-InPエミッタ層
- 15₂ 第2のn-InPのエミッタ層
- 16₁ 第1のn-InGaAsエミッタコンタクト層
- 16₂ 第2のn-InGaAsエミッタコンタクト層
- 17₁ 第1のエミッタ電極
- 17₂ 第2のエミッタ電極
- 18 コレクタ電極

【図1】

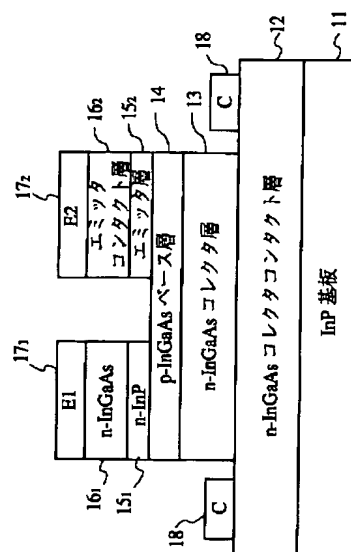
本発明の多重光信号受信装置の原理説明図



- 21 InP基板
- 22 n^+ -InGaAs層
- 22₁ n^+ -InGaAsコレクタコンタクト層
- 22₃ n^+ -InGaAsコレクタコンタクト層
- 23 n-InGaAs層
- 23₁ n-InGaAsコレクタ層
- 23₃ n-InGaAsコレクタ層
- 24 p-InGaAs層
- 24₁ p-InGaAsベース層
- 24₃ p-InGaAsベース層
- 25 n-InP層
- 25₁ 第1のn-InPエミッタ層
- 25₂ 第2のn-InPのエミッタ層
- 25₃ n-InPエミッタ層
- 26 n-InGaAs層
- 26₁ 第1のn-InGaAsエミッタコンタクト層
- 26₂ 第2のn-InGaAsエミッタコンタクト層
- 26₃ n-InGaAsエミッタコンタクト層
- 27₁ 第1のエミッタ電極
- 27₂ 第2のエミッタ電極
- 27₃ エミッタ電極
- 28₁ コレクタ電極
- 28₃ コレクタ電極

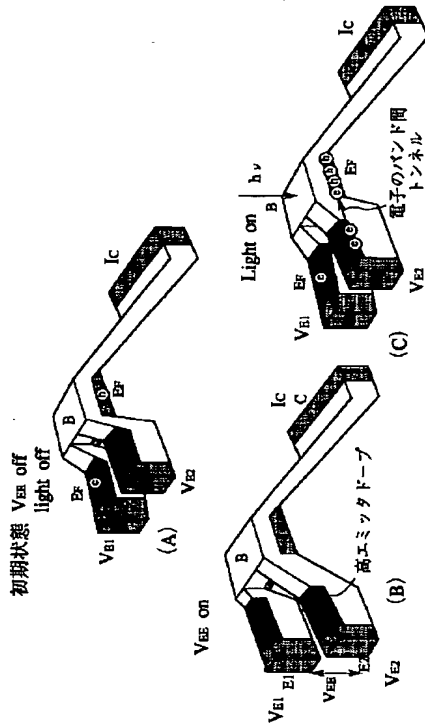
【図2】

オープンベース型ME-HBT光半導体装置の構成説明図



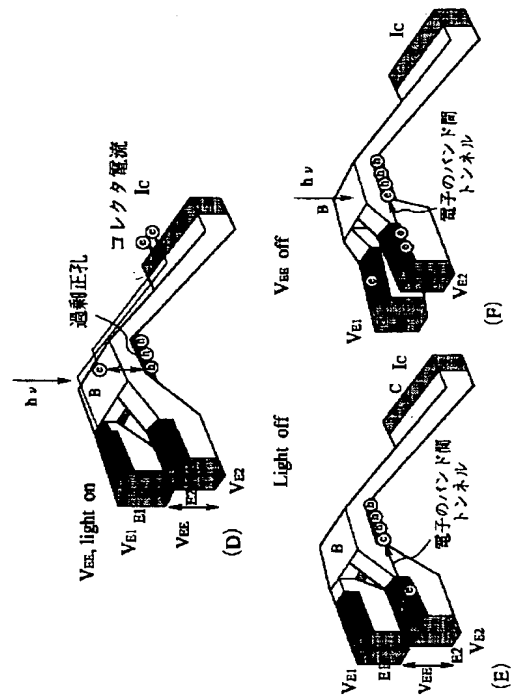
【図 3】

オープンベース型ME-HBT光半導体装置
の動作説明図 (1)



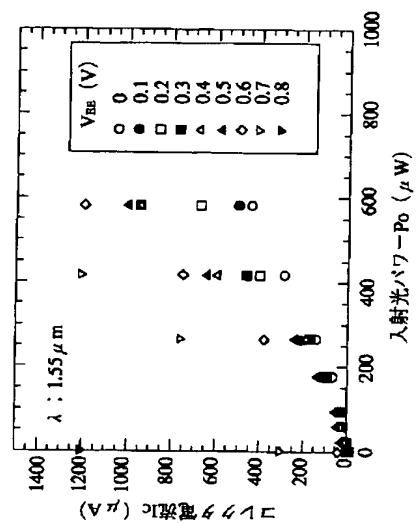
【図 4】

オープンベース型ME-HBT光半導体装置
の動作説明図 (2)



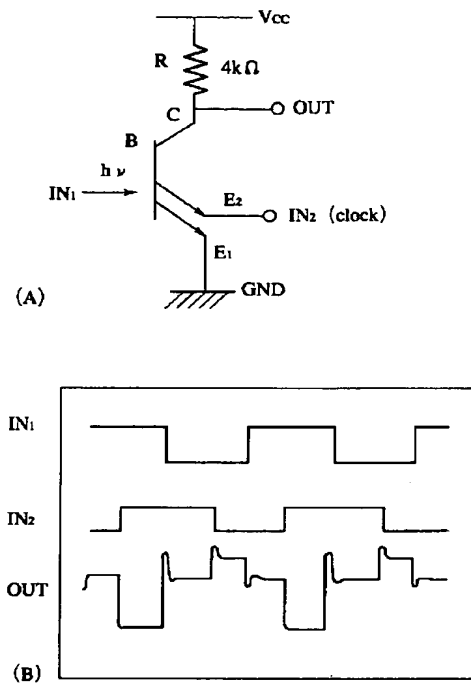
【図 6】

オープンベース型ME-HBT光半導体装置
のコレクタ電流の入射光パワー依存性の説明図 (1)



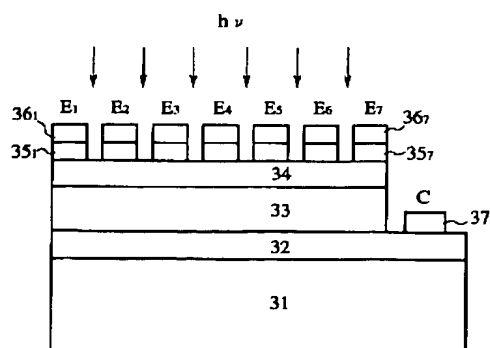
【図 5】

第1実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置の動作特性説明図



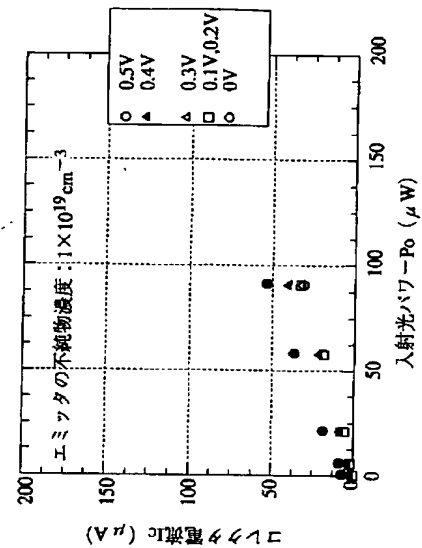
【図 12】

第7実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置の構成説明図



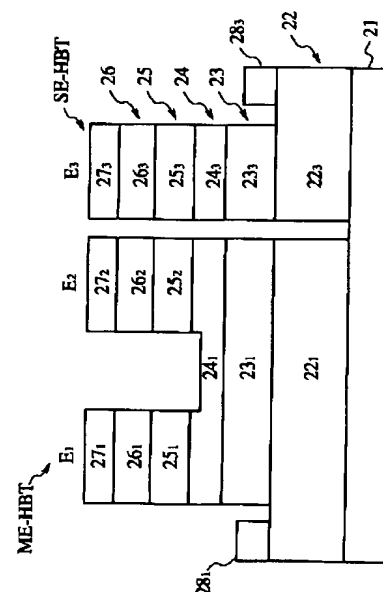
【図 7】

オープンベース型ME-HBT光半導体装置のコレクタ電流の入射光パワー依存性の説明図 (2)



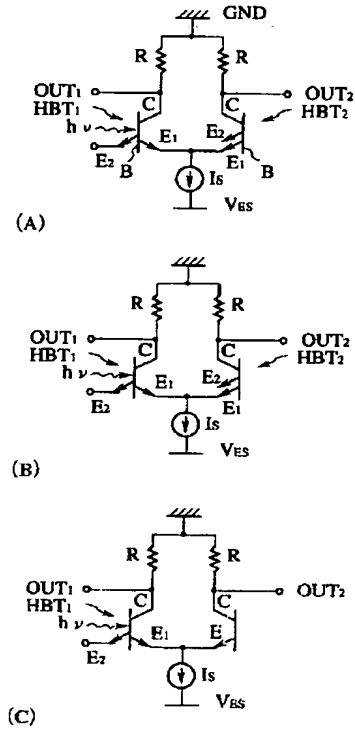
【図 9】

第3実施例のオフセットを低減したオープンベース型ME-HBT光半導体装置の構成説明図



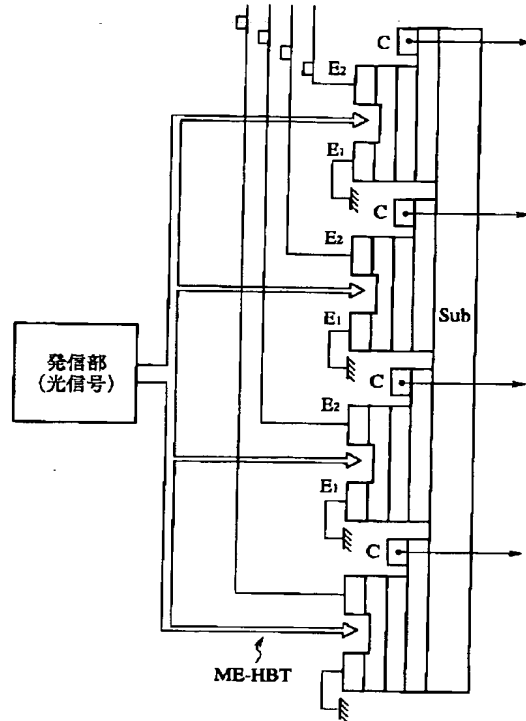
【図 8】

第3実施例のオフセットを低減したオープンベース型
ME-HBT光半導体装置の説明図



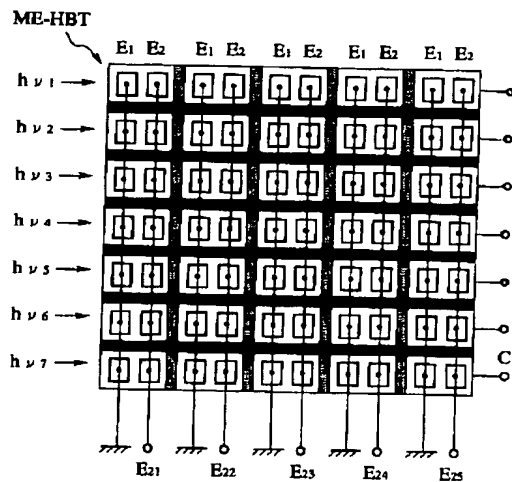
【図 10】

第5実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置
を用いた多重信号受信装置の説明図



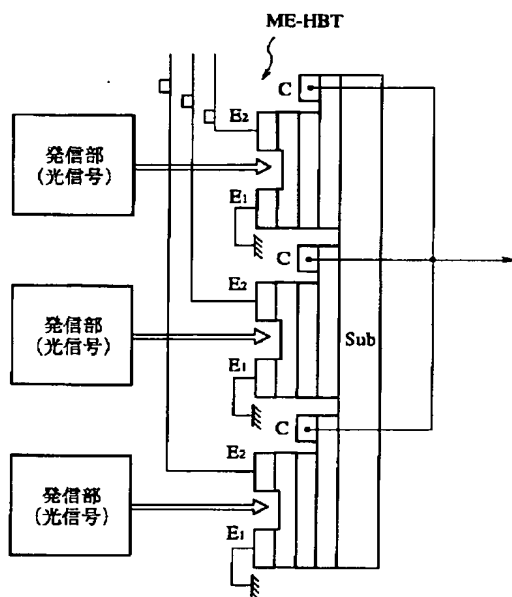
【図 15】

第10実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置
の構成説明図



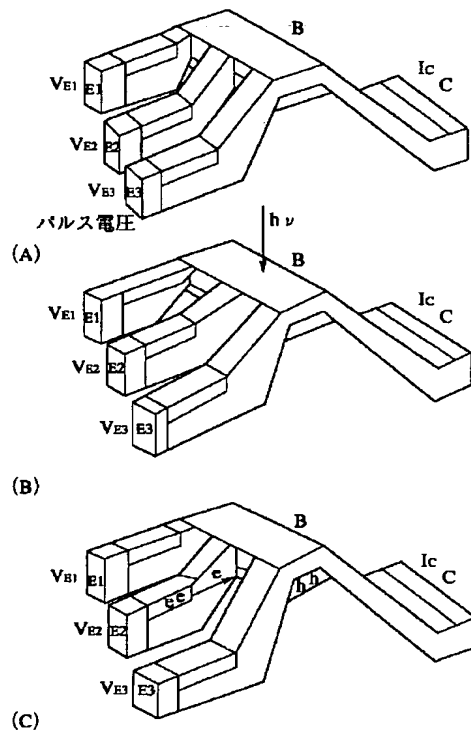
【図 1 1】

第6実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置を用いた多重信号送信装置の説明図



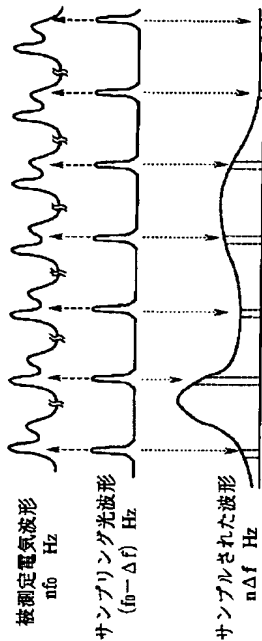
【図 1 3】

第8実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置の動作説明図



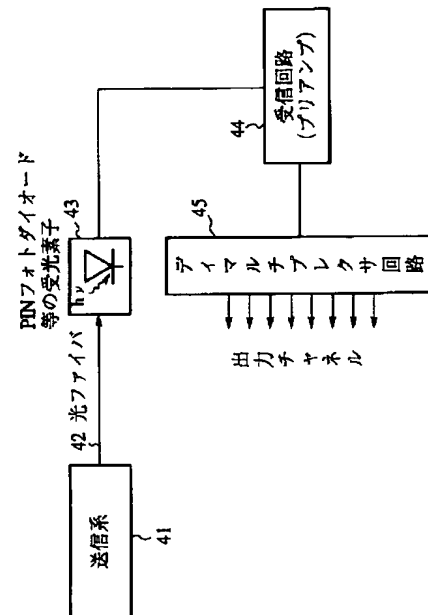
【図 1 4】

第9実施例のオープンベース型ME-HBT光半導体装置を用いたサンプリング方法の説明図



【図 1 6】

従来の多重光信号受信装置の一例のブロック図



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶

H 0 4 B 10/04

10/06

H 0 4 J 14/08

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所